
Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Für wen ist dieses Buch geeignet?	1
1.2 Wie sollte das Buch gelesen werden?	1
1.3 Wichtige Begriffserklärungen für den Kurs	2
1.4 WinSPS-S7 V4 Demo installieren	3
1.5 WinSPS-S7 V4 Standard-Version installieren	3
2 Grundlagen der SPS-Technik	4
2.1 Was ist eine speicherprogrammierbare Steuerung?	4
2.2 Was ändert sich bei Verwendung einer SPS?	6
2.3 Aufbau einer speicherprogrammierbaren Steuerung	7
2.4 Wie wird eine SPS programmiert und gesteuert?	8
2.5 Beispiel einer Anlage mit SPS-Steuerung	10
2.6 Die CPU-Funktionen bei STEP®7	13
2.6.1 Der Bausteinstatus	13
2.6.2 Status-Variable	13
2.6.3 Steuern-Variable	14
2.6.4 Baugruppenzustand	14
2.6.5 Übersicht der CPU-Funktionen (Protokolle)	16
3 Das erste S7-Programm	17
4 Die Darstellungsart AWL	25
5 Erklärung der Operanden in STEP®7	26
5.1 Eingangs- und Ausgangsoperanden	26
5.2 Merkeroperanden	26
5.3 Lokaloperanden	26
5.4 Daten eines Datenbausteins	27
5.5 Timer	27
5.6 Zähler	27
5.7 Peripherieeingänge	27
5.8 Peripherieausgänge	27
5.9 Operandenübersicht	28
6 Adressierung der Operanden	29
6.1 Schreibweisen von Bit-Operanden	29

6.2 Schreibweisen von Byte-Operanden	30
6.3 Schreibweisen von Wort-Operanden	31
6.4 Schreibweisen von Doppelwort-Operanden	32
6.5 Hinweise zur Adressierung	33
7 Symbolische Programmierung	34
7.1 Erstellen der Symbolik-Datei	35
7.2 Einschalten der Symbolik in der Programmiersoftware	37
7.3 Symbole bei der Programmierung benutzen	37
7.4 Unterschied zwischen Symbol und Variable	38
8 Verknüpfungsoperationen	39
8.1 UND-Verknüpfung	40
8.2 ODER-Verknüpfung	41
8.3 EXKLUSIV-ODER-Verknüpfung	42
8.4 NICHT-Verknüpfung	43
8.4.1 Übung: Nicht-Verknüpfung	44
8.5 UND-NICHT-Verknüpfung	45
8.6 ODER-NICHT-Verknüpfung	46
8.7 Verknüpfungsergebnis (VKE)	47
8.8 Gemischte UND/ODER-Funktionen ohne Klammerbefehle	49
8.8.1 Übung: UND/ODER gemischt	50
8.9 Klammerbefehle	51
8.9.1 Übung: Klammerbefehle	53
8.10 Alternative zu den Klammerbefehlen	54
8.11 ODER-Verknüpfung von UND-Verknüpfungen	55
8.12 Setz-Rücksetzbefehle	56
8.12.1 Übung: Speicher	59
9 Lineare und strukturierte Programmierung	60
9.1 Lineare Programmierung	60
9.2 Strukturierte Programmierung	75
9.2.1 Organisationsbausteine (OB)	75
9.2.2 Die Funktion (FC)	77
9.2.3 Der Funktionsbaustein (FB)	77
9.2.4 Der Datenbaustein (DB)	78
9.2.5 Systemfunktionen (SFC) und Systemfunktionsbausteine (SFB)	78

9.2.6 Der Systemdatenbaustein (SDB)	79
9.2.7 Maximale Anzahl der Anwenderbausteine	79
9.2.8 Aufruf einer FC	80
9.2.9 Aufruf eines FBs	83
9.2.10 Befehle, um einen Baustein zu beenden	84
9.2.11 Beispiel zur strukturierten Programmierung	87
10 Datentypen in STEP®7	96
10.1 Elementare Datentypen	98
10.2 Zusammengesetzte Datentypen	99
10.3 Parametertypen	99
11 Lade- und Transferbefehle	100
11.1 Laden von Bytes	100
11.2 Laden von Wörtern	101
11.3 Laden von Doppelwörtern	103
11.4 Anmerkung zu Wortoperationen	104
11.5 Laden von Konstanten	105
12 Bausteinparameter	109
12.1 Beispiel zu Bausteinparametern	109
12.1.1 Benennung der Deklarationsbereiche	111
12.1.2 Zuordnung der Parameter zu den Deklarationsbereichen	112
12.1.3 Programmierung der Bausteinparameter	112
12.2 Verarbeitung von Formalparametern	121
12.2.1 Zugriff auf Formalparameter des Datentyps BOOL	121
12.2.2 Schreibzugriff auf einen BOOL-Eingangsparameter	122
12.2.3 Zugriff auf Formalparameter mit digitalen Datentypen	126
12.2.4 Beispiel zu Parameter mit einem digitalem Datentyp	127
12.2.5 Zugriff auf Formalparameter mit zusammengesetzten Datentypen	129
12.2.6 Beispiel zu Parameter mit Datentyp Array	130
12.2.7 Deklaration eines STRUCT	132
12.2.8 Beispiel zum Datentyp STRUCT	134
12.2.9 Deklaration eines STRING	139
12.2.10 Deklaration eines DATE_AND_TIME	141
13 Globaldatenbausteine	142
13.1 Erstellen eines DB	142
13.2 Zugriff auf einen DB	147

13.2.1 Zugriff auf ein Datenbit	149
13.2.2 Zugriff auf Datenbyte, Datenwort und Daten-Doppelwort	149
13.2.3 Zugriff auf die Daten eines DB über die Variablenbezeichnungen	149
13.3 Unterschied Anfangswert zu Aktualwert	152
13.3.1 Aktualwerte auf Anfangswerte setzen	159
13.4 Befehle und Funktionen im Zusammenhang mit Datenbausteinen	160
13.4.1 Aufschlagen eines Datenbausteins	160
13.4.2 Länge eines Datenbausteins ermitteln	161
13.4.3 Nummer des aufgeschlagenen Datenbausteins ermitteln	164
13.4.4 Einen Datenbaustein erzeugen und testen	165
13.4.5 Datenbaustein löschen	169
13.4.6 Vorbelegung des Datentyps ARRAY	175
13.4.7 Vorbelegung des Datentyps STRING	178
13.4.8 Schreibschutz für einen Datenbaustein	179
13.4.9 Datenbaustein im Ladespeicher ablegen	180
13.4.10 Mögliche Anzahl von DBs in einer CPU	181
14 Funktionsbausteine	182
14.1 Eigenschaften eines Funktionsbausteins	182
14.2 Beispiel zu Funktionsbausteinen	182
14.2.1 Erstellen des SPS-Programms	183
14.3 Aufruf eines Funktionsbausteines ohne die Angabe von Aktualparametern	199
14.4 Unterschied Instanzdatenbaustein und Globaldatenbaustein	205
14.4.1 Das DI-Register	205
14.5 Die statischen Lokaldaten	206
15 Zähler	207
15.1 Zähler setzen und rücksetzen	207
15.2 Abfragen eines Zählers	208
15.3 Zähler mit einem Zählwert laden	208
15.3.1 Laden eines konstanten Zählwerts	209
15.3.2 Weitere Möglichkeiten, einen Zähler vorzubelegen	209
15.4 Vorwärtszähler	210
15.5 Rückwärtszähler	211
15.6 Beispiel zum Zähler	212
15.7 Weiteres Beispiel zum Zähler	213
15.8 Anzahl der verfügbaren Zähler	217

15.9 Binärabfrage eines Zählers	218
16 Zeiten	219
16.1 Zeitfunktion mit einem Zeitwert laden	219
16.1.1 Laden einer Zeit über einen konstanten Zeitwert	220
16.1.2 Weitere Möglichkeiten, eine Zeitkonstante zu laden	221
16.2 Starten und Rücksetzen einer Zeit	222
16.3 Abfragen einer Zeit	222
16.4 Die Zeitart SI (Impuls)	223
16.5 Die Zeitart SV (verlängerter Impuls)	225
16.6 Die Zeitart SE (Einschaltverzögerung)	227
16.7 Die Zeitart SS (Speichernde Einschaltverzögerung)	229
16.8 Die Zeitart SA (Ausschaltverzögerung)	231
16.9 Beispiel zum Abschnitt Zeiten	233
16.10 Weiteres Beispiel zu Zeiten	234
16.11 Zeiten als Bausteinparameter	241
16.12 Anzahl der verfügbaren Zeiten	243
16.13 Wichtiger Hinweis zu Zeiten	243
16.14 Flankenauswertung	244
16.14.1 Beispiel "Positive Flanke"	245
16.14.2 Negative Flanke	245
16.15 Binäruntersetzer (T-Kipglied)	246
17 Schrittkettenprogrammierung (Ablaufsteuerung)	248
17.1 Aufgabenstellung	248
17.2 Zerlegung des Gesamtablaufs in Einzelschritte	249
17.3 Ein- und Ausgangsbelegung	250
17.4 Programmerstellung	251
17.5 Test des SPS-Programms	257
18 Die Register der CPU	262
18.1 Akkumulatoren	262
18.2 Adressregister	262
18.3 DB-Register	263
18.4 Das Statuswort	263

19 Abarbeitung eines S7-Programms im AG	264
19.1 Die Betriebszustände eines S7-AGs	264
19.2 Das Prozessabbild	267
20 Sprungbefehle	269
20.1 Syntax der Sprungbefehle	270
20.2 Absoluter Sprung (SPA)	270
20.3 Sprungbefehle, die das VKE auswerten	271
20.4 Sprungbefehle, die das Binärergebnis auswerten	272
20.5 Sprungbefehle, welche die Anzeigebits (A0, A1) auswerten	273
20.6 Sprungbefehle bei Überlauf	276
20.7 Der LOOP-Befehl	277
20.8 Sprungleiste, Sprungverteiler (SPL)	278
20.9 Direkte Auswertung des Statusworts	280
21 Fehlerdiagnose bei einer S7-CPU	281
21.1 Fehlersuche über Diagnosebuffer	282
21.2 Fehlersuche über USTACK/BSTACK	283
21.3 Zweites Beispiel zur Fehlersuche	285
22 Das MPI-Netzwerk	289
23 Handhabung einer S7-CPU	293
23.1 Neue S7-CPU's mit Micro Memory Card (MMC)	293
23.1.1 Handhabung der MMC	293
23.1.2 Betriebsartenschalter	294
23.1.3 Urlöschen	294
23.1.4 Remanenz	295
23.2 Alte S7-CPU's mit Flashcard oder integriertem ROM	296
23.2.1 Schlüsselschalter	296
23.2.2 Memory Cards	297
23.2.3 Integriertes ROM	298
23.2.4 Systemdatenbausteine restaurieren (bei CPU's ohne MMC)	298
23.2.5 Speichermedien	299
24 Vergleich	300
24.1 Auswertung der Vergleichsfunktionen	301
24.1.1 Auswertung über Binäroperationen	301

24.1.2 Auswertung der Anzeigebits	302
25 Arithmetische Befehle	303
26 Unterschiede zwischen S5 und S7	306
26.1 Bausteinarten in S5 und in S7	306
26.2 Vergleich Befehlssatz S5/S7	307
26.3 Einführung der Variable in S7	308
26.4 Vorteile von S7	309
26.5 Weitere Unterschiede zwischen S5 und S7	310
27 Programmierregeln in STEP®7	312
28 Prozess-Simulation SPS-VISU S5/S7	319
28.1 Einführung in die Prozess-Simulation SPS-VISU	319
28.2 Virtuelles Prozess-Modell "Schlitten"	327
28.3 Virtuelles Prozess-Modell "Hubüberwachung"	329
29 Indirekte Adressierung	331
29.1 Was versteht man unter "Indirekte Adressierung"?	331
29.2 Was ist ein Zeiger (Pointer)?	333
29.3 Speicherindirekte Adressierung	335
29.3.1 Speicherindirekte Adressierung von Datentypen	337
29.3.2 Speicherindirekte Adressierung von Paramertypen	337
29.3.3 Einen Zeiger für die speicherindirekte Adressierung bauen	339
29.4 Registerindirekte Adressierung	340
29.5 Indirekt adressierbare Operanden	342
29.6 Wichtige Hinweise zur indirekten Programmierung	343
29.6.1 Wichtige Hinweise bei Verwendung des AR1-Register	343
29.6.2 Wichtige Hinweise bei Verwendung des AR2-Register	344
29.7 Fehler-OBs verwenden	345
29.8 Fehlersuche bei der indirekter Adressierung	346
29.9 Vor- und Nachteile der indirekten Adressierung	348
29.10 Goldene Regeln bei der indirekten Adressierung	348
29.11 Weiteres Beispiel zur indirekten Adressierung	349
30 Analogwertverarbeitung	357
30.1 Erstes Beispiel zur Analogwertverarbeitung	357

30.1.1 SPS-Programm in WinSPS-S7 entwickeln	358
30.1.2 Simulation des SPS-Programms	361
30.1.3 Zusammenfassung	363
30.2 Zweites Beispiel zur Analogwertverarbeitung: Motordrehzahl verändern	364
30.2.1 Erstellen des SPS-Programms in WinSPS-S7	364
30.2.2 Simulation des SPS-Programms	369
30.2.3 Zusammenfassung	371
31 Aufrufumgebung	372
31.1 Beispiel 1 zur Aufrufumgebung	372
31.2 Beispiel 2 zur Aufrufumgebung	375
31.3 Beispiel 3 zur Aufrufumgebung	377
32 Hardwarekonfiguration	380
32.1 Erstes Beispiel für die Hardwarekonfiguration einer S7-300®	380
32.1.1 Selektion der Systemfamilie S7-300® und erzeugen eines Racks (Baugruppenträger)	382
32.1.2 PS-Baugruppe im Baugruppenträger einfügen	384
32.1.3 CPU-Baugruppe im Träger platzieren	385
32.1.4 Digitale Eingangs- und Ausgangsbaugruppen einfügen	386
32.1.5 Verändern der Eingangs- und Ausgangsadressen	389
32.1.6 Konfiguration der analogen Eingänge	392
32.1.7 Eigenschaften der CPU konfigurieren	393
32.1.8 Übertragen der Konfiguration in die CPU	397
32.1.9 Zusammenfassung zum Beispiel 1 zur Hardwarekonfiguration	398
32.2 Zweites Beispiel zur Hardwarekonfiguration	399
32.2.1 Starten des Hardwarekonfigurators	400
32.2.2 Zusammenfassung zum Beispiel 2 zur Hardwarekonfiguration	407
33 Konfiguration eines Profibus-DP Systems	408
33.1 Kurze Erläuterung von Profibus DP	408
33.1.1 Gerätedefinitionen	408
33.1.2 Gerätstammdatei (GSD)	409
33.1.3 Netz-Aufbau	409
33.2 Erstes Beispiel zur Konfiguration eines Profibus DP	410
33.2.1 Konfiguration der zentralen Baugruppen	410
33.2.2 DP-Schnittstelle der CPU vernetzen	413
33.2.3 Einfügen des ersten DP-Slaves: Eine ET200X	416
33.2.4 Einfügen des zweiten DP-Slaves: Eine ET200S	419

33.2.5 Übertragen der DP-Konfiguration	423
33.2.6 Was muss bei der Programmierung beachtet werden?	424
33.3 Zweites Beispiel zur Konfiguration eines Profibus DP	425
33.3.1 Konfiguration der zentralen Station	425
33.3.2 Einfügen des DP-Slave mit der DP-Adresse 10: VIPA 253-1DP01	430
33.3.3 Einfügen des DP-Slave mit der DP-Adresse 8: Siemens ET200M	432
33.3.4 Übertragen der Konfiguration	436
33.3.5 Das SPS-Programm bei der Verwendung eines CP342-DP als DP-Master	437
33.3.6 Zusammenfassung zum zweiten Beispiel Konfiguration eines Profibus DP	444
33.4 Diagnose in einem Profibus-DP System	445
33.4.1 Beispiel zur Diagnose eines Profibus-DP Systems	445
33.4.2 Status aller DP-Slaves ermitteln	446
33.4.3 Fehlerdiagnose des DP-Slave ET200X	446
33.4.4 Fehlerdiagnose des DP-Slave ET200S	447
33.4.5 Zusammenfassung	449
33.5 Erkennung des Ausfalls eines DP-Slaves im SPS-Programm	450
33.5.1 Beispiel für das SPS-Programm im OB86	453
33.5.2 Zusammenfassung	454
34 Konfiguration eines intelligenten DP-Slave	455
34.1 Beispiel zur Konfiguration eines intelligenten DP-Slave (I-Slave)	455
34.1.1 Konfiguration des DP-Masters	455
34.1.2 Konfiguration des I-Slave	461
34.1.3 Übertragung der Konfigurationen	466
34.1.4 SPS-Programm im DP-Master	466
34.1.5 SPS-Programm im I-Slave	471
34.1.6 Inbetriebnahme des DP-Master und des I-Slave	473
34.1.7 Zusammenfassung	474
34.2 Zweites Beispiel zur Konfiguration eines intelligenten DP-Slave (I-Slave)	475
34.2.1 Konfiguration des DP-Master	475
34.2.2 Konfiguration des I-Slave	478
34.2.3 SPS-Programm im DP-Master	479
34.2.4 SPS-Programm im I-Slave	480
34.2.5 Inbetriebnahme des DP-Masters und des I-Slave	482
34.2.6 Zusammenfassung	482

35 Industrial Ethernet	483
35.1 Begriffserklärungen	484
35.2 Konfiguration einer S7-300®-Station mit Ethernet-CP	486
35.2.1 Ausführen von PG-Funktionen über einen Ethernet-CP	490
35.2.2 Zusammenfassung Konfiguration einer S7-300®-Station mit Ethernet-CP	492
35.3 Übertragung einer Konfiguration ohne MPI-Leitung	493
35.3.1 Zusammenfassung Übertragung einer Konfiguration ohne MPI-Leitung	495
35.4 Datenaustausch zwischen zwei Stationen über Ethernet-CPs	496
35.4.1 Konfiguration der ersten Station	497
35.4.2 Projektierung der TCP-Verbindung beim Sender	498
35.4.3 Konfiguration der zweiten Station	502
35.4.4 Projektierung der TCP-Verbindung beim Empfänger	504
35.4.5 SPS-Programm im Sender	506
35.4.6 SPS-Programm für den Empfänger	510
35.4.7 Start des Datenaustausch und Diagnose der TCP-Verbindung	513
35.4.8 Zusammenfassung	516
36 Vereinfachte Konfiguration einer VIPA SPEED7	517
36.1 Beispiel der Konfiguration einer SPEED7	518
36.1.1 Konfiguration der lokalen SPEED7-Station	518
36.1.2 Konfiguration der DP-Schnittstelle der SPEED7	524
36.1.3 Zusammenfassung zur Konfiguration einer SPEED7	526
37 Fernwartung von S7-Steuerungen	527
37.1 Fernwartungszugriff über das Internet auf die Ethernetschnittstelle einer S7-Steuerung	528
37.2 Fernwartungszugriff über das Internet auf die Ethernetschnittstellen mehrerer S7-Steuerungen	531
37.3 Zusammenfassung des Fernzugriffs über das Internet auf ein S7-Steuerungen mit Ethernet-Schnittstelle	535
37.4 Fernwartungszugriff über das Internet und einem NetLink PRO auf eine S7-Steuerung	536
37.4.1 Zugriff auf mehrere miteinander vernetzte CPUs über NetLink PRO	538
37.4.2 Ansprechen mehrerer NetLink PRO über das Internet	539
37.4.3 Zusammenfassung Fernwartungszugriff über das Internet und NetLink PRO	539
37.5 Fernwartungszugriff über die Telefonleitung (Analog oder ISDN)	540

38 Globaldatenkommunikation	542
38.1 Die Globaldatentabelle	543
38.1.1 Der Aufbau der Globaldatentabelle	544
38.2 Beispiel zur Globaldatenkommunikation	549
38.2.1 Starten des Hardwarekonfigurators	549
38.2.2 Konfiguration der ersten Station	550
38.2.3 Konfiguration der zweiten Station	554
38.2.4 Konfiguration der dritten Station	556
38.2.5 Hardwareseitiges vernetzen der CPUs	557
38.2.6 Konfiguration der Globaldatenkommunikation	558
38.2.7 Übertragen der Konfigurationsdaten für die Globaldatenkommunikation in die CPUs	564
38.2.8 Start der Globaldatenkommunikation	565
38.3 Fehlersuche bei Problemen innerhalb einer Globaldatenkommunikation	566
38.3.1 Kontrolle des Status-Doppelwortes im Sender	566
38.3.2 Kontrolle des Status-Doppelwortes im Empfänger	572
38.3.3 Zusammenfassung der Fehlersuche	574
38.4 Eine Globaldatenkonfiguration aus CPU-Stationen laden	575
38.4.1 Laden der SPS-Stationen in den Hardwarekonfigurator	576
38.4.2 Aufruf der Globaldatentabelle	578
38.4.3 Zusammenstellen der Globaldatentabelle aus den Konfigurationsdaten	579
38.4.4 Zusammenfassung	581
38.5 Einschränkungen und Gesetzmäßigkeiten bei der Globaldatenkommunikation mit S7-300® CPUs	582
39 Zugriff auf Operanden in einer SPS über den PC	583
39.1 Wie wird ein MPI/DP-Treiber in eine eigene Applikation eingebunden?	584
39.2 Wie wird die Verbindung zwischen dem PC und der CPU hergestellt?	585
39.2.1 Auswahl nach Geschwindigkeit	585
39.2.2 Auswahl nach dem Bussystem	585
39.2.3 Auswahl nach der Anzahl der gleichzeitigen Verbindungen	585
39.3 Funktionen innerhalb eines MPI/DP-Treiber	586
39.3.1 Erster Schritt: Die Kommunikation einleiten	586
39.3.2 Zweiter Schritt: Kommunikation zur CPU aufbauen	587
39.3.3 Dritter Schritt: Daten aus der CPU lesen oder Daten in die CPU schreiben	587
39.3.4 Letzter Schritt: Abbau der Kommunikation	587

39.4 Zusammenfassung	588
40 Fehleranalyse mit dem SPS-Analyzer "WinPLC-Analyzer"	589
40.1 Einsatzgebiete von WinPLC-Analyzer	590
40.2 WinPLC-Analyzer von MHJ-Software	591
40.2.1 Bedienung von WinPLC-Analyzer von MHJ-Software	592
40.3 Zugriff auf eine reale Steuerung	597
40.4 Aufzeichnung auswerten	599
40.5 Weitere Informationen	599

Anhang

A S7-CPU-Übersicht und kompatible	601
B Zahlensysteme	621
C Glossar	626
D STEP7-Befehlsübersicht	633
E Bildernachweis	658
F Index	659
G Produkte von MHJ-Software & Ing.-Büro Weiß	663